Der Einfluß anatomischer Parameter auf die Messung der Totenstarre

Helmut Zurl

1980

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität

M ü n c h e n

Direktor: Prof. Dr. med. W. Spann

Der Einfluß anatomischer Parameter auf die Messung der Totenstarre.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahlheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

vorgelegt von

Helmut Z u r l

aus

München

1980

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Spann
Mitberichterstatter: Dr.G. Beier
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 1980

UNIV. LEIDEN BIBL.

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Inhaltsverzeichnis Seite

1.0	Einleitung	2
2.0	Material	5
2.1	Untersuchungsgut	5
2.2	Lebensalter	5
2.3	Körpergewicht	5
2.4	Körpergröße	6
2.5	Todesursache	6
2.6	Liegezeit	7
3.0	Methodik	9
3.1	Apparatur zur Kraftmessung	9
3.2	Apparatur zur Messung des kleinen Hebelarms	10
3.3.	Praktische Durchführung der Messungen	11
3.3.1	Messungen des großen Hebelarmes	12
3.3.2	Messungen des kleinen Hebelarmes	12
3.3.3	Messungen des Oberschenkelumfanges	12
3.3.4	Temperaturmessung	12
4.0	Meßergebnissse	13
4.1	Meßgrößen	13
4.2	Meßwerte	13
4.3	Starremomente in Abhängigkeit von der Liegezeit	16
4.4	Rigor-Mortis-Messung nach Forster et al	21
4.5	Einfluß anatomischer Parameter	24
5.0	Zusammenfassung	32
6.0	Literaturverzeichnis	33

1.0 Einleitung

Die Totenstarre, als Möglichkeit zur Todeszeitbestimmung, ist in den letzten Jahren sehr stark in den Blickpunkt gerichtlich-medizinisch-wissenschaftlichen Interesses gerückt.

Sie wird heutzutage als wichtiger Parameter zur Bestimmung des Todeszeitpunktes herangezogen.
Historisch gesehen, ist der Beginn wissenschaftlicher Forschungen über den Rigor mortis auf das Jahr 1811 zurückzuführen, in dem bereits NYSTEN (10) auf diesem Gebiet seine Arbeit "On the stiffening Affecting of Human Being and Animals post Mortem", veröffentlichte.
Seit dieser Zeit wurde das Thema "Totenstarre, ihre Bildung und Lösung" von mehreren Autoren behandelt und man versuchte, von unterschiedlichen Gesichtspunkten aus, diese Problematik anzugehen um damit eine wissenschaftlich fundierte Aussage treffen zu können.

So berichteten OPPENHEIM und WACKER 1919 (11) über ihre Messungen an 70 Leichen, daß die Totenstarre unter anderem auch auf den Ernährungszustand der Leiche und somit auf den Glykogengehalt bzw. die Milchsäurebildung im Muskel zurückzuführen sei. Der entscheidende Einfluß auf die Intensität der Starre beruht auf der im Muskel gebildeten Milchsäure. Durch schlechten Ernährungszustand wird laut OPPENHEIM und WACKER (11) ein Glykogenmangel hervorgerufen und somit fehlen die Grundsubstanzen der Milchsäure, welche das Abbauprodukt des Glykogens ist. Zur Abschätzung der Liegezeit lassen sich diese Messungen nicht heranziehen, da - gerade um den Einfluß der Liegezeit auszuschalten - nur die Messungen zwischen 8 und 28 Stunden post mortem mitgeteilt werden.

MANGOLDS (8) Arbeit 1922 zeigt den zeitlichen Ablauf der Totenstarre auf. Aufgrund seiner Untersuchungen setzt die Totenstarre 3 Stunden post mortem ein und erreicht nach 24 Stunden ein Maximum an Intensität.

MALLACH (7) (1964 z.T. nicht veröffentlicht) berechnete aus 28 Literaturstellen, die im Zeitraum zwischen 1811 und 1960 lagen, Mittelwerte und Standartabweichungen für den Ablauf der charakteristischen Eigenschaften der Totenstarre beim Erwachsenen.

Zu Beginn der 70-iger Jahre referierte FORSTER et al (3) über seine tierexperimentellen Untersuchungen zur Lösung der Totenstarre. Ratten wurden durch Nackenschlag getötet, anderen verabreichte man Pentachlorphenol, wobei sich ein unterschiedlich schneller Eintritt der Starre feststellen ließ. FORSTER et al (3) folgerte daraus, daß Ausbildung und Lösung der Totenstarre von der Todesart abhängig ist.

Im Jahre 1973 versuchte FORSTER et al (4) mit Hilfe einer Formel zur Beurteilung der Totenstarre zu zeigen, daß damit der Starreindex (FRR-Index) ermittelt werden kann. Dieser sogenannte FRR-Index gilt nach FORSTER et al (4) als Maß für die zur Überwindung der Starre erforderliche Maximalkraft, bezogen auf den Oberschenkelquerschnitt.

Die Freiburger-Rigorformel nach FORSTER et al (4):

$$FRR = \frac{p \times l_1}{U^2 \times l_2} \times 100$$

p = Zugkraft (kp)
l_1 = Unterschenkellänge (cm)
l_2 = Kleiner Hebelarm (cm)
U = Oberschenkelumfang (cm)

Starregrad und Starrebefund nach FORSTER et al (4):

FRR	Starregrad	Starrebefund
5,5	1	volle Starre
5,5 - 4,0	2	sehr schwer lösbar
4,0 - 2,5	3	schon gut lösbar
2,5 - 1,3	4	teigig-weich
1,3 - 0,2	5	geringe Reststarre
0,2	6	volle Lösung

BEIER et al (1) berichten, daß aufgrund ihrer Untersuchungen an insgesamt 85 männlichen und 50 weiblichen Leichen, wobei mehr als 500 Extremitäten untersucht wurden, das Starremoment allenfalls eine Schätzung der maximalen Liegezeit zuläßt.
Um nun die von FORSTER et al (4) entwickelte Rigor-Formel zur genauen Bestimmung des Todeszeitpunktes überprüfen zu können, bzw. die von BEIER et al (1) erarbeiteten Erkenntnisse (allenfalls Schätzung der maximalen Liegezeit aufgrund des Starremoments) manifestieren zu können, bedarf es eines größeren Untersuchungskollektivs.

Deshalb wurde an 50 männlichen und 50 weiblichen Leichen die Totenstarre gemessen.
Die Messungen wurden aus technischen Gründen mit meinem Kommilitonen Franz RAUSCH (12) am Institut für Rechtsmedizin in München durchgeführt. Er untersuchte an 50 männlichen Leichen die Ausbildung der Totenstarre, sowie den Einfluß der Temperatur bezüglich der Totenstarre an beiden Kollektiven.

Meine Aufgabe bestand darin, an 50 weiblichen Leichen die Ausbildung des Rigor mortis zu messen und die von FORSTER et al (4) entwickelte Formel, d.h. die daraus resultierenden FRR-Indices bezüglich der Möglichkeit zur Verbesserung der Liegezeitbestimmung zu überprüfen.

Weiterhin wurden am Gesamtuntersuchungsgut die anatomischen Parameter wie kleiner Hebelarm, Oberschenkelumfang und Weichteildeckung gemessen und den Starremomentwerten gegenübergestellt.

Zu Beginn der Arbeit bedarf es folgender Vorbemerkung:

Die Untersuchungen sind an Leichen durchgeführt, die bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen zu Tode kamen. Weitere wichtige Faktoren, wie Länge der Agone, sowie die Handhabung beim Transport der Leichen bis zur Einlieferung in das Institut, sind unbekannt. Die durchgeführten Untersuchungen konnten, im Gegensatz zu den Rattenversuchen bei FORSTER et al (3), keinesfalls unter Laborbedingungen durchgeführt werden.

2.0 Material

2.1 Untersuchungsgut

Die untersuchten Leichen stammen aus dem Sektionsgut des Institutes für Rechtsmedizin der Universität München. Es handelt sich um 50 weibliche und 50 männliche Leichen, die im Zeitraum von Februar 1978 bis Februar 1979 neben anderen obduziert wurden.

2.2 Lebensalter

Das Alter der untersuchten weiblichen Leichen lag zwischen 13 und 91 Jahren (Mittelwert 49 Jahre).
Bei den männlichen Leichen von 15 bis 84 Jahren (Mittelwert 47 Jahre).

2.3 Körpergewicht

Das Körpergewicht schwankte bei den weibl. Leichen zwischen 36 und 92 kg (Mittelwert 58 kg).
Bei den männlichen Leichen zwischen 50,9 und 104,1 kg (Mittelwert 77,3 kg).

2.4 Körpergröße

Die Körpergröße der weiblichen Leichen bewegte sich zwischen 144 cm und 171 com (Mittelwert 16o cm), bei den männlichen Leichen zwischen 154 und 186 cm (Mittelwert 177 cm).

2.5 Todesursachen

Die häufigsten Todesursachen waren Verkehrs- und Betriebsunfälle mit Verbluten und zentraler Lähmung bei Schädelbasis-Frakturen, Coronar-Verschluß, Barbiturat-Vergiftungen, Herzversagen durch lipomatosis cordis destruens, Erhängen und Pneumonie.

Im Gegensatz zum Leichengut aus pathologisch-anatomischen Instituten handelt es sich bei der Mehrzahl der Leichen um Individuen, die aus voller Gesundheit heraus verstorben sind. Die untersuchten Leichen stammten sowohl aus städtischer, alsauch aus ländlicher Bevölkerung, wobei sich Angehörige aus allen sozialen Schichten fanden.

Bis auf 6 Individuen wiesen die untersuchten Leichen keine Extremitätenbefunde wie Frakturen, Sehnenabrisse oder fehlende Extremitäten auf. Diese 6 Individuren waren ein 58-jähriger und ein 78-jähriger Mann, bei denen jeweils das linke Bein fehlte. Bei den Frauen eine 53-jährige mit Femurfraktur links, eine 31-jährige mit einer Fibula-Tibiafraktur links, eine 38-jährige mit einer Femurfraktur rechts und einer 55-jährigen Frau mit einer Fibula-Tibiafraktur rechts.

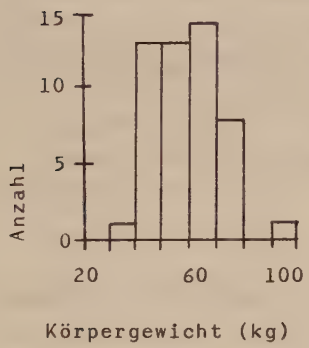
Die Messungen wurden nur an Extremitäten ohne pathologische Befunde vorgenommen und ausschließlich vor der Sektion durchgeführt.

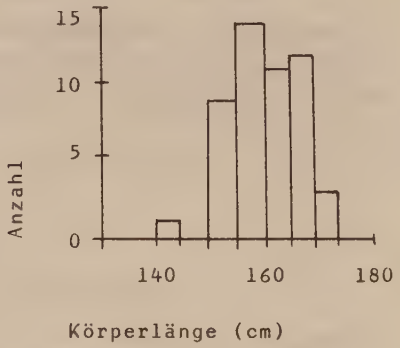
2.6 Liegezeit

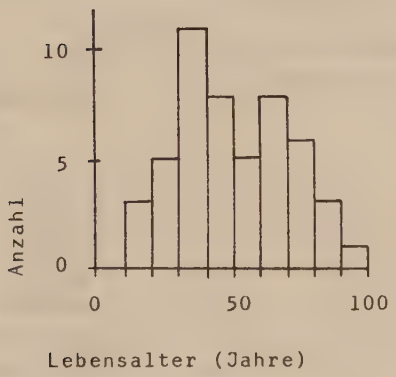
Die Liegezeit, als wichtiger Parameter dieser Untersuchungen ist definiert, als der Zeitraum vom Eintritt des Todes bis zur Messung der Totenstarre. Um eine hinreichend exakte Liegezeit zu erhalten, wurden nur diejenigen Leichen als Untersuchungsgut verwendet, deren Todeszeitpunkt genau bekannt war. Dieser wurde den Totenscheinen entnommen und war darauf auf die Minute genau angegeben.
Die Gesamtliegezeiten der einzelnen weiblichen Leichen schwankten zwischen 8 und 116 Stunden (Mittelwert 45 Std.), bei den männlichen Leichen zwischen 3 und 144 Stunden (Mittelwert 31,4 Std.).

Ebenfalls kontrolliert wurden die Liegezeiten der Leichen im Kühlraum des Instituts. Diese Zeitintervalle bewegten sich zwischen 10 Minuten und 112 Std. (Mittelwert 33,5 Std.) bei den Frauen, bei den Männern zwischen 25 Minuten und 140 Stunden (Mittelwert 21 Std.).

Die Verteilung von Körpergewicht, Körperlänge und Lebensalter ist in Abb (1,2,3) für weibliche Leichen dargestellt. Entsprechende Angaben für männliche Leichen sind bei RAUSCH (12) zu finden.







3.0 Methodik

Um den Einfluß der Liegezeit, der anatomischen Parameter und der Todesursache untersuchen zu können, mußte vorab die Kraft die zum Brechen der Starre erforderlich war, gemessen werden.

3.1 Apparatur zur Kraftmessung

Zur Messung der Totenstarre diente eine Hebelapparatur mit Zugkraftmesser. (siehe Abb. 4a, 4b)

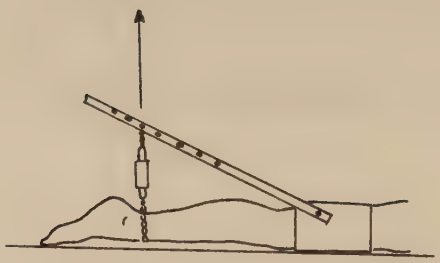


Abb. 4a: Meßapparatur in situ vor der Messung

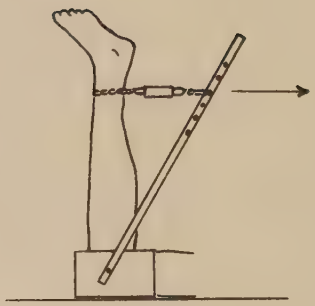


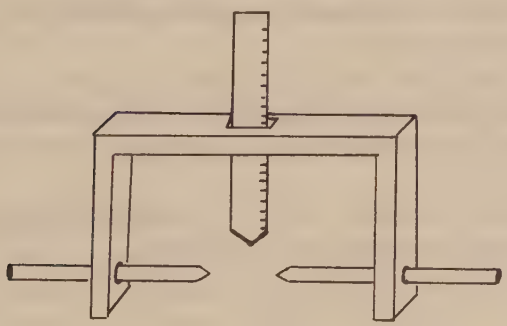
Abb. 4b: Meßapparatur in situ nach der Messung

An einem, an einer Seite hin offenen U-förmig geformten Metallsockel befindet sich ein Zugarm, der in der auszuführenden Zugrichtung bewegt werden kann. Zur Feststellung der benötigten Zugkraft, wird ein Zugkraftmesser der Fa. Tiedemann mit Maximalwertanzeige mittels Ketten zwischen metallenem Hebelarm und Extremität gespannt. Diese Meßanordnung gewährleistet, daß die Zugkraft stets senkrecht auf der Längsachse des Unterschenkels steht, d.h. zwischen Zugkraft und Hebelarm ist stets ein Winkel von 90^{o}. Die Kraft wird an oben erwähnter Meßuhr abgelesen. Die Ablesegenauigkeit beträgt 0,5 kp, die Meßgenauigkeit 0,2 kp.

3.2 Apparatur zur Messung des kleinen Hebelarms

Zur Messung des kleinen Hebelarmes diente eine Apparatur die als modifizierte Schublehre bezeichnet werden kann.

Abb. 5: Meßapparatur - kleiner Hebelarm



Hierbei handelt es sich um ein U-förmig gebogenes Gerät an deren beiden Schenkeln bewegliche Alluminiumstifte angebracht sind, die zur Fixierung des Apparates an den beiden Epicondylen des Knies dienen. In der Mitte der Apparatur befindet sich ein Schlitz, durch den ein metallenes, mit Skalenteilen versehenes Lineal bis zur Vorderfläche der Kniescheibe durchgeschoben werden konnte. An dieser Skala ist der kleine Hebelarm direkt ablesbar.

3.3 Praktische Durchführung der Messungen

Die Leiche wurde im entkleideten Zustand in Bauchlage auf den Sektionstisch gebracht. Der Sockel der Hebelapparatur umschloß den Oberschenkel und wurde mit einer Schraubzwinge am Sektionstisch so befestigt, daß sich der Drehpunkt des Zugarmes auf gleicher Höhe mit dem Kniegelenk befand. Nun wurde die Kette, an der sich der Kraftmesser befand, an den Malleolen fixiert. Mittels des Hebels konnte der Unterschenkel durch Beugung im Kniegelenk nach dorsal gebracht werden und zwar soweit, bis die Starre vollständig gebrochen war. Es wurde darauf geachtet, daß die Drehbewegung gleichmäßig ausgeführt, d.h. eine annähernd konstante Winkelgeschwindigkeit eingehalten wurde.

Die zur vollständigen Brechung der Starre benötigte Zugkraft wurde an der Meßuhr in Skalenteilen abgelesen und notiert.
Die Messungen erfolgten an beiden Beinen und wurden ausnahmslos vor der Sektion durchgeführt.

3.3.1 Messungen des großen Hebelarms

Der große Hebelarm l_1 (cm), ist definiert als der Abstand vom Kniegelenkspalt bis zu dem Punkt, wo die Zugkraft über der Kette auf den Unterschenkel proximal der Malleolen einwirkt.

3.3.2 Messungen des kleinen Hebelarms

Nach FORSTER et al (4) ist der kleine Hebelarm l_2 (cm) als der Abstand von der queren Kniegelenksachse bis zur lateralen bzw. medialen Kniescheibenvorderfläche definiert.

Aufgrund des unterschiedlich ausgebildeten Unterhautfettgewebes an den Epicondylen, sind hierbei Meßungenauigkeiten nicht auszuschließen.

3.3.3 Messung des Oberschenkelumfanges U (cm)

Der Oberschenkelumfang wurde an zwei Stellen bestimmt:

a) U_1 (cm), nach FORSTER et al (4)
   15 cm oberhalb des Kniegelenkspaltes

b) U_2 (cm), auf halber Strecke zwischen Kniegelenkspalt und Trochanter major.

3.3.4 Temperaturmessung

Die Oberschenkeltemperatur wurde in Schenkelmitte durch Einstechen des Temperaturmeßfühlers in den m.quadriceps bis Femurkontakt vollzogen. Nach Entnahme des Fühlers wurde die Eindringtiefe = Meßtiefe in cm gemessen und als Maß für die Weichteildeckung angesehen.

4.0 Meßergebnisse

4.1 Meßgrößen

Folgende Meßgrößen wurden demnach von jeder Leiche gewonnen:

p = Zugkraft in kp - zur Starrebrechung
l_1 = Großer Hebelarm in cm
l_2 = Kleiner Hebelarm in cm
U_1 = Oberschenkelumfang in cm (nach FORSTER et al)
U_2 = Oberschenkelumfang in cm (1/2 Obers.-Länge)
T_r = Rektaltemperatur
T_f = Oberschenkeltemperatur
M_t = Meßtiefe Oberschenkel

Außerdem wurden Alter, Größe, Gewicht, Liegezeit im Kühlraum und Gesamtliegezeit, sowie Todesursache nach Sektionsprotokoll erfaßt.
Als Einheit für die Kraft p dient in der Technik das Kilopond (kp). Die relevante Größe ist das Kraftmoment (kpm).
Das zum überwinden der Starre maximale Kraftmoment wird im folgenden als Starremoment bezeichnet.

4.2 Meßwerte

Die unteren und oberen Grenzen, sowie die Mittelwerte der erfaßten Größen sind in Tabelle (1) für männliche Leichen und in Tabelle (2) für weibliche Leichen zusammengestellt.

Tabelle (1) - Männer

Messung	Maximal-	Minimal-	Mittelwert
Liegezeit (Std)	144	3	31,4
Körpergröße (cm)	186,0	154,0	173,5
Körpergewicht (kg)	104,1	50,9	77,34
Rektaltemperatur (C)	30,9	3,8	15,72
Oberschenkeltemperatur re.(C)	22,6	4,1	11,24
Oberschenkeltemperatur li.(C)	23,7	4,2	11,27
Temperatur Meßtiefe re. (cm)	7,0	2,9	4,99
Temperatur Meßtiefe li. (cm)	7,7	1,8	4,85
Großer Hebelarm re. (cm)	43,5	32,0	37,5
Großer Hebelarm li. (cm)	44,0	31,5	37,5
Kleiner Hebelarm re. (cm)	7,0	4,6	5,72
Kleiner Hebelarm li. (cm)	7,5	4,7	5,75
Oberschenkelumfang-FRR re. (cm)	56,0	32,5	46,03
Oberschenkelumfang-FRR li. (cm)	56,0	34,0	46,53
Oberschenkelumfang Ra-Zu re. (cm)	62,0	35,5	50,37
Oberschenkelumfang Ra-Zu li. (cm)	59,0	35,0	50,72
Kraft re. (kp)	119,58	8,03	65,06
Kraft li. (kp)	116,0	11,42	65,06
Starremoment re. (kpm)	44,29	3,39	23,31
Starremoment li. (kpm)	46,75	4,91	23,85
FRR re.($\frac{kp}{cm}$)	53,9	2,45	21,22
FRR li.($\frac{kp}{cm}$)	65,23	3,46	20,96

FRR = FORSTER et al, 15 cm oberhalb des Kniegelenkspaltes
Ra-Zu = RAUSCH - ZURL, in Schaftmitte

Tabelle (2) - Frauen

Messung	Maximal-	Minimal-	Mittelwert
Liegezeit (Std)	116,5	8	45
Körpergröße (cm)	171,0	144,0	160,0
Körpergewicht (kg)	92,0	36,0	58,0
Rektaltemperatur (C)	27,9	4,6	12,2
Oberschenkel Temperatur re. (C)	19,0	4,5	9,6
Oberschenkel Temperatur li. (C)	20,1	4,0	9,32
Temperatur Meßtiefe re. (cm)	7,0	1,0	3,9
Temperatur Meßtiefe li. (cm)	6,8	1,8	3,9
Großer Hebelarm re. (cm)	39,5	27,0	33,8
Großer Hebelarm li. (cm)	39,0	27,0	33,6
Kleiner Hebelarm re. (cm)	7,4	4,3	6,0
Kleiner Hebelarm li. (cm)	7,5	4,2	6,1
Oberschenkelumfang-FRR re.(cm)	53,0	30,0	41,5
Oberschenkelumfang-FRR li.(cm)	53,0	30,0	42,6
Oberschenkelumfang Ra-Zu re.(cm)	56,0	34,0	45,7
Oberschenkelumfang Ra-Zu li.(cm)	58,0	33,5	45,4
Kraft re. (kp)	62,7	1,8	28,0
Kraft li. (kp)	59,5	3,2	26,2
Starremoment re. (kpm)	21,3	0,6	9,5
Starremoment li. (kpm)	21,3	1,1	8,7
FRR re. ($\frac{kp}{cm}$)	39.2	0,75	9,3
FRR li. ($\frac{kp}{cm}$)	30,48	1,35	8,36

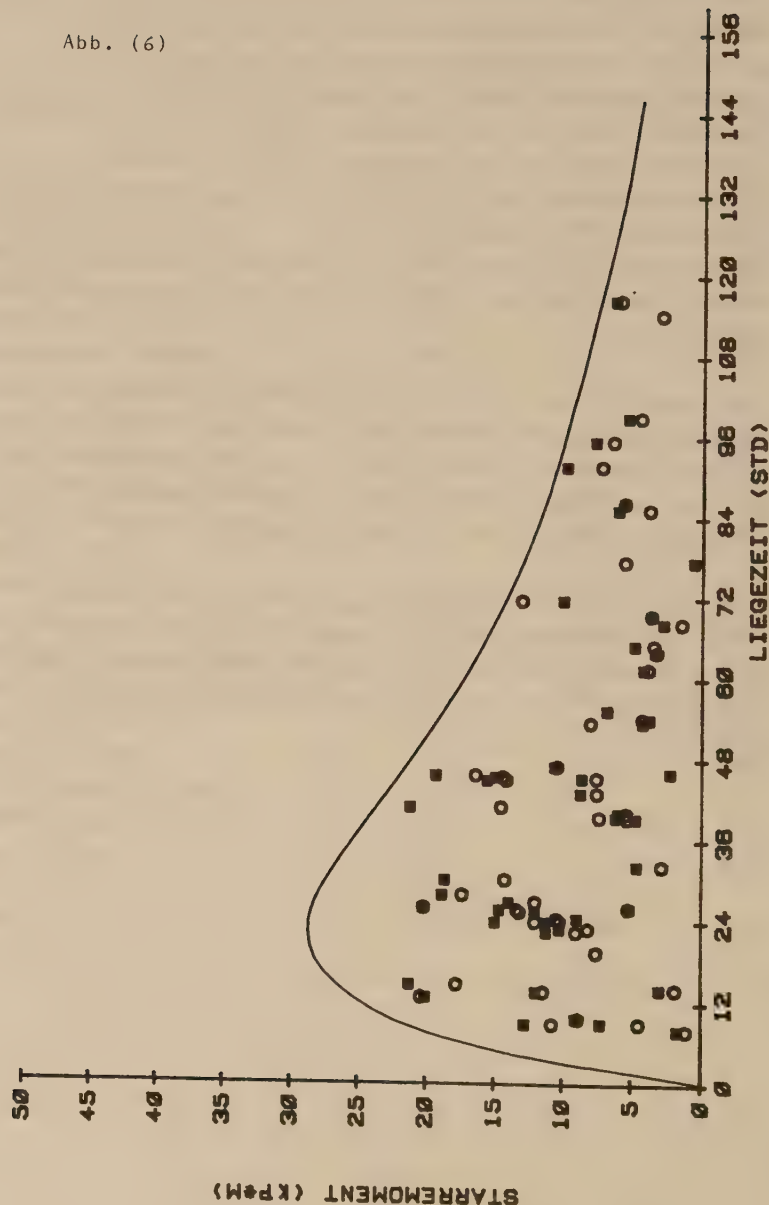
4.3 Starremomente in Abhängigkeit von der Liegezeit

In Abb. 6 sind die Starremomente, die zum Brechen der Starre an rechten und linken Beinen bei weibl. Leichen notwendig waren, in Abhängigkeit von der Liegezeit graphisch dargestellt. Auf der Abszisse sind die Liegezeiten in Stunden, auf der Ordinate die Starremomente in kpm, die zum Brechen der Starre notwendig waren, aufgetragen.
Die Meßwerte für das rechte Bein wurden mit einem Quadrat, die für das linke Bein mit einem Kreis gekennzeichnet.

Die Gesamtliegezeit (Std) der einzelnen weiblichen Leichen schwankten zwischen 8,oo und 116,3o Std. Das Starremoment bewegte sich in einem Bereich von 0,6 kpm (re.Bein) und 21,3 kpm (re.Bein), sowie 1,1 kpm (li.Bein) und 20,4 kpm (li.Bein).

Wie schon bereits von BEIER et al (2) gezeigt, ergibt sich, daß abhängig von der Liegezeit Höchstwerte gefunden werden, daß jedoch unterhalb dieser Höchstwerte unabhängig von der Liegezeit jeder Meßwert erwartet werden kann.

Abb. (6)


STARREMOMENT (KP*M)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
LIEGEZEIT (STD)

In Tabelle (3) sind die Starremomente von rechten und linken Beinen weiblicher Leichen in abnehmender Folge angeordnet. Da die Starremomente an rechten u. linken Extremitäten unterschiedlich sind, wurde der jeweils höchste Wert an die oberste Stelle gesetzt.

Tabelle (3)

Leichen-Nr.	Starrem.re.	Starrem.li.	Liegezeit
3	21,3	14,5	41,00
24	21,3	17,7	17,00
20	20,1	20,4	18,20
16	20,3	20,2	26,10
49	19,4	16,4	35,45
4	19,0	17,4	28,00
13	18,7	14,2	30,15
41	15,6	14,2	45,00
28	15,0	14,7	45,30
25	15,0	12,1	24,00
21	14,7	13,4	25,50
26	14,0	12,1	27,00
23	12,1	13,1	26,00
9	10,1	13,1	71,45
12	12,8	10,8	9,45
27	12,0	11,5	13,45
42	11,3	10,3	24,00
46	11,3	9,0	22,30
33	10,7	10,5	47,00
38	9,0	10,5	9,45
36	10,3	8,1	23,00
7	9,9	7,3	91,40
35	9,0	8,9	24,30
8	8,9	7,6	43,00
39	8,7	7,6	55,15
29	4,3	8,0	53,20
43	7,8	6,4	95,30
19	⊙	7,5	19,30
37	6,2	7,3	39,30

Tabelle (3) - Fortsetzung

Leichen-Nr.	Starrem.re.	Starrem.li.	Liegezeit
32	7,2	4,5	9,00
10	6,9	●	55,20
45	6,4	6,0	116,30
31	6,1	5,5	40,00
48	6,0	3,8	85,25
2	5,9	5,6	86,20
18	0,6	5,6	77,30
30	5,4	4,5	99,00
22	4,8	5,4	39,20
47	5,1	5,3	26,00
5	4,9	3,5	65,00
14	4,7	3,0	32,15
40	3,8	4,3	54,00
11	4,2	3,9	61,35
44	3,7	3,6	69,30
50	3,4	3,3	64,00
34	3,0	1,9	14,00
17	●	2,9	114,20
6	2,8	1,5	64,25
15	2,4	●	46,00
1	1,7	1,1	8,00

Die aufgeführte tabellarische Reihung zeigt deutlich, daß einem bestimmten Starremoment verschiedene Liegezeiten zugeordnet werden können.

Aus dieser Tabelle werden Leichenpaare verglichen, die sich bezüglich ihres Starremoments nicht, bzw. nur unwesentlich von einander unterscheiden. Von beiden Beinen wird jeweils das höchste Starremoment zum Vergleich herangezogen.

Differenz des Starremoments ± 0 kpm.

Leichennr.	Starremom.	Liegezeit	Liegezeitdiffer.
3	21,3	41,00	24,00
24	21,3	17,00	
28	15,0	45,30	21,30
25	15,0	20,00	
23	13,1	26,00	45,45
9	13,1	71,45	
30	5,4	99,00	60,20
22	5,4	39,20	

Differenz des Starremoments ± 0,1 kpm.

31	6,1	40,00	45,25
48	6,0	85,25	

Differenz des Starremoments ± 0,2 kpm.

33	10,7	47,00	45,25
38	10,5	9,45	

Differenz des Starremoments ± 0,3 kpm.

9	13,1	71,45	62,00
12	12,8	9,45	
45	6,4	116,30	76,30
31	6,1	40,00	

Differenz des Starremoments ± 0,4 kpm.

36	10,3	23,00	50,00
7	9,9	91,40	
50	3,4	64,00	
34	3,0	14,00	

Die aus der vorangegangenen Tabelle (3) entnommenen Vergleichspaare zeigen die gravierenden Unterschiede der Liegezeit bezüglich gleichen Starremomenten auf. Differieren die Starremomente um ± 0 kpm, so ergibt sich bei einem Wertepaar trotz gleichem Starremoment eine Liegezeitdifferenz von 60,20 Stunden. Bei Starremomenten von 0,1 kpm bis 0,4 kpm Unterschied sind Liegezeitdifferenzen bis zu 76,30 Stunden gefunden worden.

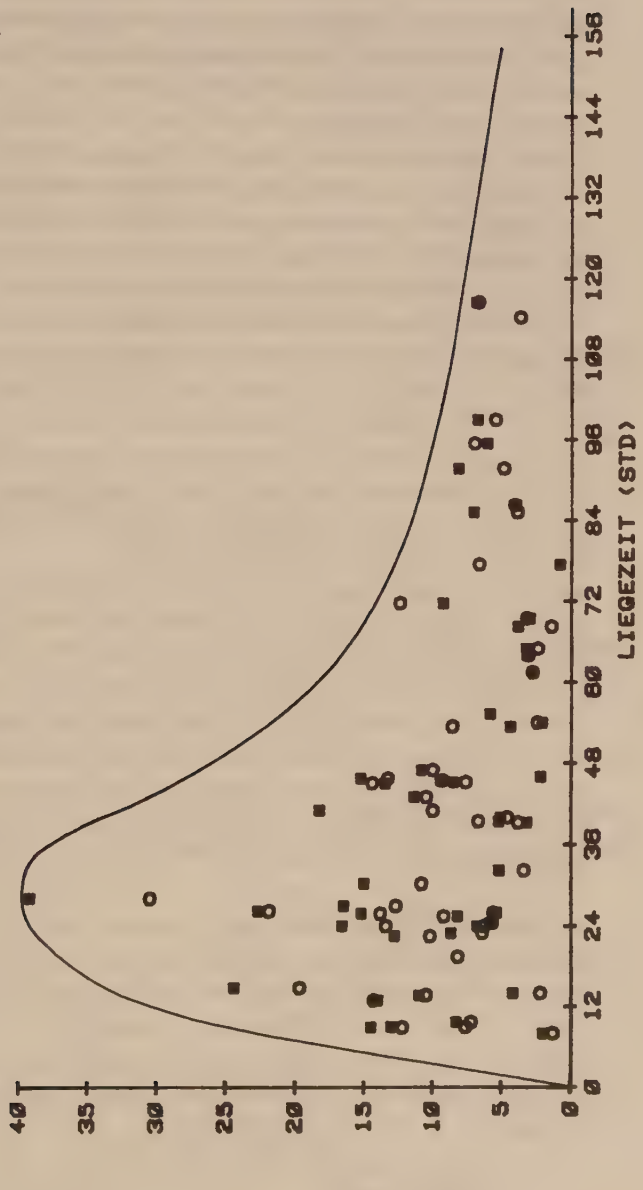
Demzufolge kann keine Aussage über den genauen Todeszeitpunkt gemacht werden, da weitere Faktoren wie z.B. anatomische Parameter, Temperatur und Todesursache die Meßwerte beeinflussen können.

4.4 Rigor-Mortis-Messung nach FORSTER et al (4)

Um anatomische Einflußgrößen zu berücksichtigen, haben FORSTER et al (4) den FRR-Index vorgeschlagen.

Die FRR-Indices der untersuchten weiblichen Leichen sind in Relation zur Liegezeit in Abb. (7) graphisch dargestellt.

Abb. (7)


FRR-INDEX
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
LIEGEZEIT (STD)

Die FRR-Werte zeigen, verglichen mit den Starremomentwerten vom Gesamtbild in etwa dieselbe Anordnung, nämlich eine, von einem Maximalwert ausgehende, bis zu einem Minimalwert abfallende Kurve, in Abhängigkeit der Liegezeit.
Einem unterhalb dieser Kurve gelegenen FRR-Wert können mehrere Liegezeiten zugeordnet werden. Am FRR-Diagramm ist ein Wertepaar zu erkennen, das relativ zum Gesamtkolliktiv wesentlich höhere Werte erreicht. Es handelt sich hierbei um die Werte einer 21-jährigen Frau (Nr.4). Bei den gemessenen Oberschenkelumfängen am rechten und linken Bein ergab sich 30,5 cm sowie 32,5.

Bezüglich des Mittelwertes rechter Oberschenkelumfänge (42,7 cm) war hier ein um 28,5% geringerer vorhanden. An linken Beinen betrug der Mittelwert der Umfänge 42,6 cm d.h. ein 23,7% geringerer.
Bei der Untersuchung der Leiche war festzustellen, daß das subkutane Fettgewebe des Oberschenkels gegenüber anderen Leichen minimal vorhanden war. Die Muskulatur war jedoch gut ausgeprägt. Hinzu kommt, daß die Leiche mit 19 kpm rechts und 17,4 kpm links (Mittelwert rechts 9,5 kpm, links 8,7 kpm) ein hohes Starremoment aufwies. Da der geringe Oberschenkelumfang in der FRR-Formel in den Nenner eingeht, die Leiche jedoch ein hohes Starremoment besaß, kommt der hohe FRR-Betrag zustande.

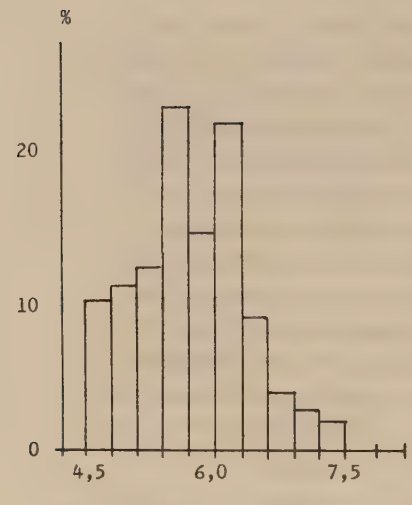
In Anbetracht des minimalen, bei der Leiche vorhandenen Unterhautfettgewebes, kann jedoch nur bei dieser Leiche davon ausgegangen werden, daß der Umfang des Oberschenkels in etwa der Muskelstärke entsprach.
Bei den restlichen Leichen konnte eine derartige Diskrepanz zwischen subkutanem Fettgewebe und Muskelausprägung nicht festgestellt werden.

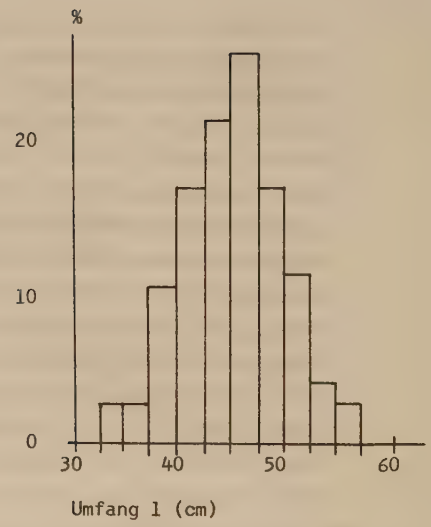
Auch durch die Freiburger-Figor-Formel erhaltenen Werte lassen eine genaue Liegezeitbestimmung nicht zu, da für einen FRR-Wert mehrere Liegezeiten möglich sind. Der berücksichtigte Oberschenkelumfang dessen Quadrat als Maß für die Muskelstärke in die Formel eingeht, führt hier fälschlicherweise zu einer extremen Überhöhung der Werte, wogegen bei der ausgeprägten Muskulatur eher eine Verminderung - relativ zum Gesamtkollektiv erwartet werden müßte. Dieser Fall zeigt, daß der Oberschenkelumfang nicht geeignet ist die Muskelmasse pauschal zu repräsentieren. Allenfalls müßte man bei Verwendung des Oberschenkelumfangs die Muskulatur freipräparieren, wie dies früher bereits OPPENHEIM u. WACKER (11) taten.

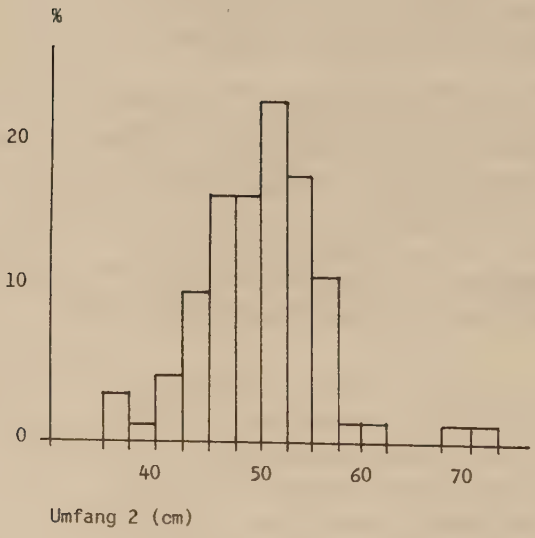
4.5 Einfluß anatomischer Parameter

Es wird im folgenden, der Einfluß verschiedener anatomischer Parameter auf die Meßwerte im einzelnen untersucht und zwar:
der kleine Hebelarm, der Oberschenkelumfang 15 cm oberhalb des Kniegelenkes (U_1), Oberschenkelumfang in Schaftmitte (U_2) und die Weichteildeckung aus der Meßtiefe bei der Temperaturmessung in Schaftmitte.

In Abb (8) ist die prozentuale Verteilung der genannten Meßgrößen bei den Männern und in Abb. (9) bei den Frauen dargestellt.







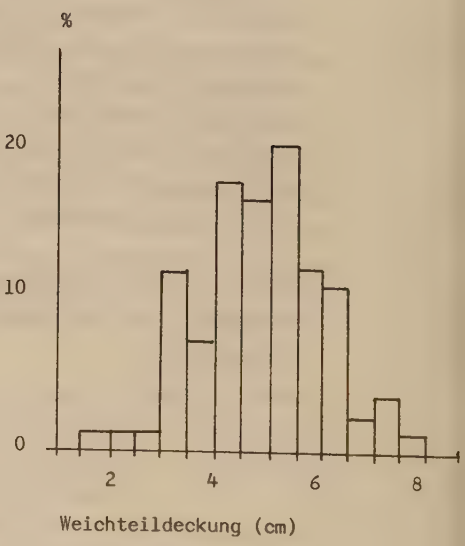
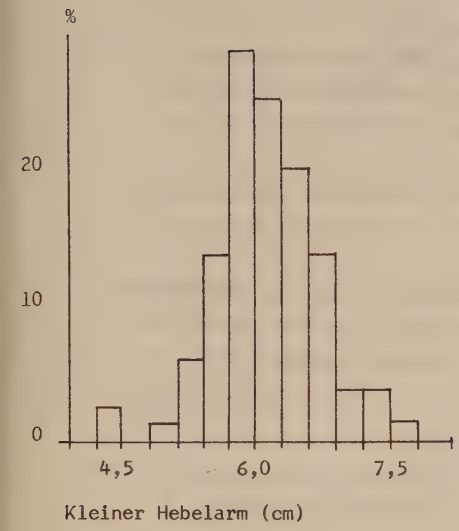
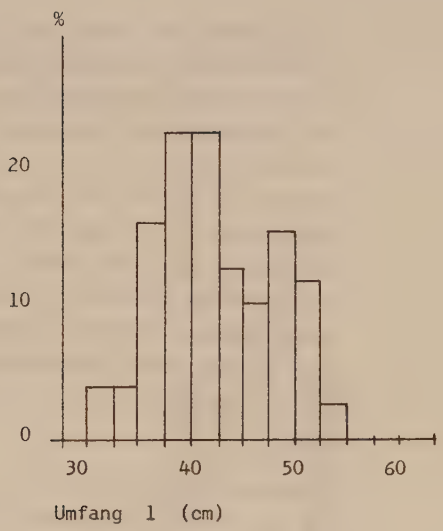


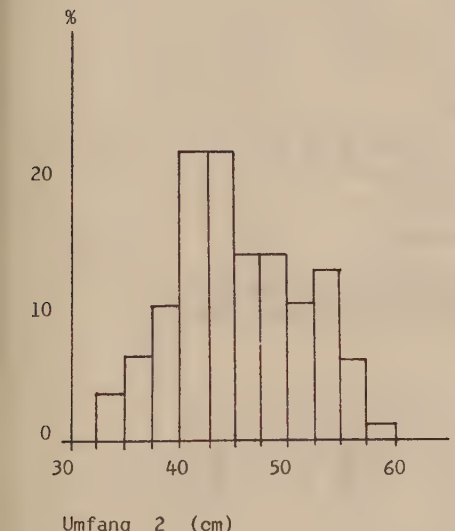
Abb. (8): Verteilung der anatomischen Parameter bei männlichen Leichen.



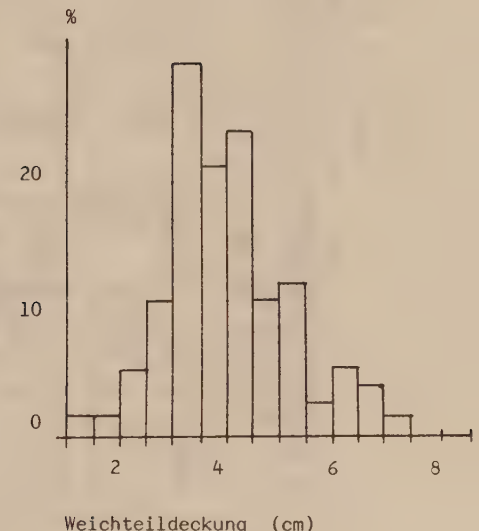
Kleiner Hebelarm (cm)



Umfang 1 (cm)



Umfang 2 (cm)



Weichteildeckung (cm)

Abb. (9): Verteilung der anatomischen Parameter bei weiblichen Leichen.

Beispielsweise sind dazu in Abb. (10) die Quotienten Starremoment / kleiner Hebelarm (▲) für Männer vor dem Hintergrund der der reinen Starremomente (△) unter Anpassung der Maßstäbe gegen die Liegezeit aufgetragen.
Es ergibt sich durch die Berücksichtigung der kleinen Hebelarme keine Veränderung im Sinne einer genaueren Schätzung der Liegezeit.
Das gleiche gilt für die übrigen untersuchten Parameter. Ihre Maxima und Minima sind in Tab . (4) für männliche und in Tab . (5) für weibliche Leichen aufgelistet.

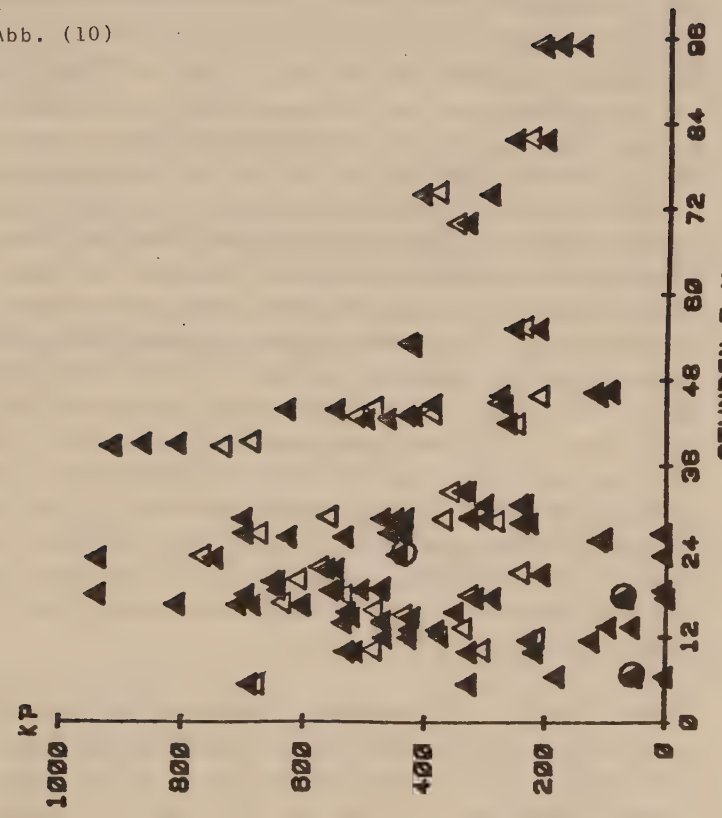
Tabelle (4)

Parameter	Minimal	Maximal	Mitte	Maximale Abweichung	Prozentuale Abweichung
Kl.Hebelarm (cm)	4,6	7,5	6,0	± 1,5	± 25
(Umfang 1)^2 (m^2)	0,11	0,31	0,21	± 0,1	± 48
(Umfang 2)^2 (m^2)	0,12	0,49	0,31	± 0,18	± 58
Weichteildeckung (cm)	1,8	7,7	4,75	± 2,95	± 62
FRR-Korrektur (m^2.cm)	0,6	1,8	0,93	± 0,34	± 37

Tabelle (5)

Parameter	Minimal	Maximal	Mitte	Maximale Abweichung	Prozentuale Abweichung
Kl.Hebelarm (cm)	4,2	7,5	5,9	± 1,7	± 28
(Umfang 1)^2 (m^2)	0,09	0,28	0,19	± 0,96	± 50
(Umfang 2)^2 (m^2)	0,11	0,34	0,23	± 0,11	± 48
Weichteildeckung (cm)	1,0	7,0	4,0	± 3,0	± 75
FRR-Korrektur (m^2.cm)	0,48	1,82	1,18	± 0,70	± 60

Abb. (10)



In den gleichen Tabellen sind auch die maximalen Abweichungen von den mittleren Werten (Mitte der Spannweite) angegeben, sowie die prozentuale Abweichung die als Maß für die maximale Korrektur der Starremomente bei Berücksichtigung dieser Parameter anzusehen ist.

Da der Oberschenkelumfang nach FORSTER et al (4) als Maß des Muskelquerschnitts quadratisch zu berücksichtigen ist, wurden in Tabelle (4) bzw. (5) die Quadrate der Oberschenkelumfänge betrachtet.
Zwei Fälle haben insbesondere gezeigt, daß der Oberschenkelumfang keine geeignete Korrektur darstellt:

Ein 46-jähriger Mann mit 65,5 kg u. 185 cm Länge zeigte bei einer Liegezeit von 16 Stunden mit 32 kpm rechts und 44 kpm links relativ hohe Starremomente. Die Oberschenkelumfänge betrugen nur 36 bzw. 38 cm. Die Anwendung der Korrektur erhöht somit die bereits sehr hohen Starremomente relativ zum Durchschnitt um ca. 37%. Bei Inspektion der Leiche mußte hier jedoch aufgrund der hohen Muskelmassen (minimales Subcutanes Fettgewebe) eher einer Korrektur nach unten durchgeführt werden. Noch gravierender lagen die Verhältnisse bei einer 21-jährigen Frau, die 28 Stunden post mortem bei einem Oberschenkelumfang von nur 3o bzw. 32 cm, Starremomente von 19 bzw. 17,4 kpm aufwies. Auch hier führt die Berücksichtigung des Oberschenkelumfanges zu einer enormen Korrektur in falscher Richtung (Erhöhung um 50%), da trotz der geringeren Umfänge eine hohe Muskelmasse vorhanden war. Eine Abschätzung zeigt, daß ein Fettgewebe von 1 cm Dicke durchschnittlich eine Fehlkorrektur von 25% erbringt.

Die untersuchten anatomischen Parameter sind auch nicht geeignet die Unterschiede der Geschlechter auszugleichen. Die gemessenen Starremomente der männlichen und weibl. Leichen verhalten sich etwa wie 2:1, d.h. die Starremomente der Männer sind im Durchschnitt doppelt so hoch wie bei Frauen.

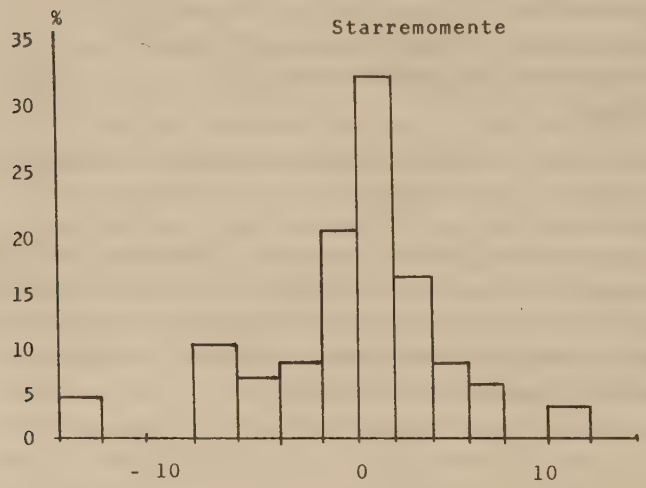
In Tab. (6) sind die Variationskoeffizienten der Rechts- Linksdifferenzen nach Anwendung der Korrekturen aufgeführt.

Variationskoeffizienten der Rechts-Links-Differenzen:

Starremomente		27.7
Starremomente/Kl. Hebelarm		29,6
Starremomente/(Umfang 1)^2	15 cm	29.7
Starremomente/(Umfang 2)^2	Schaftmitte	31.6
Starremomente/(Weichteildeckung)^2		44.6
FRR-Index		31.0

Es ergibt sich, daß bei jedem der Parameter der Variationskoeffizient der Rechts-Linksdifferenzen gegenüber dem der Starremomente erhöht ist. Die anatomischen Parameter sind somit auch nicht geeignet, die Rechts-Linksdifferenzen auszugleichen.

Dagegen besteht bei den untersuchten Parametern praktisch kein Unterschied zwischen den Geschlechtern. (Vergleiche Tab. (4 u. 5)
Schließlich wurde am Kollektiv der männl. Leichen überprüft, ob die untersuchten Parameter brauchbar sind, die Rechts- Linksdifferenzen der Starremomente auszugleichen. In Abb. (11) ist die prozentuale Verteilung der Rechts-Linksdifferenzen der Starremomente dargestellt.



Sofern die anatomischen Parameter geeignete Korrekturen darstellen, sollte sich die Streuung der Rechts- Linksdifferenzen bei Berücksichtigung der anatomischen Parametern verringern.

5.0 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden an 50 männlichen und 50 weiblichen Leichen die Ausbildung des Rigor mortis in Abhängigkeit von der Liegezeit gemessen und der Einfluß von Oberschenkelumfang, kleinem Hebelarm und Weichteildeckung auf die Meßwerte und hinsichtlich einer Verbesserung der Liegezeitschätzung untersucht.

Es wurde festgestellt, daß weder der kleine Hebelarm noch der Oberschenkelumfang für sich, noch deren Verbindung in der Freiburger-Rigor-Formel, noch die Stärke der Weichteildeckung geeignet sind, die Starremomente so zu verändern, daß eine bessere Schätzung des Todeszeitpunktes aus der Messung der Totenstarre möglich wird.

Auch die Unterschiede der Geschlechter hinsichtlich der Ausprägung der Leichenstarre werden dadurch nicht aufgehoben.
Das gleiche gilt für die Differenz der Starremomente zwischen rechten und linken Beinen.

6.0 Literatur

1. BEIER, G., LIEBHARDT,E., SCHUCK, M. und SPANN,W.: Totenstarremessungen an menschlichen Skelettmuskeln in situ. Z. Rechtsmedizin 79, 277-283 (1977).

2. BEIER, G., LIEBHARDT,E., SCHUCK, M. und SPANN,W.: Zur Schätzung der Liegezeit durch Messung der Totenstarre. Institut f. Rechtsmedizin, München (1977).

3. FORSTER, B., ROPOHL, D., RAULE, P.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Lösung der Totenstarre. Vortrag, 51. Tagg.Dtsch.Ges., Rechtsmedizin, Wien 1972.

4. FORSTER,B., ROPOHL, D., RAULE, P.: Eine neue Formel zur Beurteilung der Totenstarre: Die Feststellung des FRR-Index. Z.Rechtsmed., 80, (1977).

5. FORSTER, B.: The plastic and elastic Deformation of Sceletal Muscle in Rigor Mortis Journal of Forensic Medicine, Vol.10, No.3, July-Dec. 1963.

6. FORSTER, B.: The contractil Deformation of Sceletal Muscle in Rigor Mortis. Journal of Forensic Medicine, Vol.10, Nr.4, Oct.-Dec. 1963.

7. MALLACH, H.J. und MITTERMEYER, H.J.: Totenstarre und Totenflecke. Methodische Auswertung der Todeszeit mit Hilfe maschineller Datenverarbeitung. Z. Rechtsmedizin 69, 70 (1971).

8. MANGOLD, E.: Der Verlauf der Totenstarre am isolierten und in situ belassenen Skelettmuskeln von Säugern. Pflügers Archiv 189/99 (1921).

9. MANGOLD, E.: Die Totenstarre. Naturwissenschaften 10, 895 (1922).

10. NYSTEN, PH.: Von der Erstarrung, welche die Körper des Menschen u. der Tiere nach dem Tode befällt. Recherches de Physiologie et de Chemie Pathologique, Paris 1811.

11. OPPENHEIM, Fr. und WACKER, L.: Das Ausbleiben der postmortalen Säurebildung im Muskel als Ursache der verschiedenen Intensität der Totenstarre menschlicher Leichen. Berl.Klin.Wochenschrift, Bd.II, 990 (1919).

12. AUSCH, F.: Med. Dissertation in Vorbereitung. München 1980

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. G. Beier für die Überlassung des Themas und für die jederzeitige Hilfe und die Anregungen bei dieser Arbeit.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Dr. M. Schuck und bei Herrn Dr. E. Schuller für deren freundliche Unterstützung bedanken.

Lebenslauf

Name:	Helmut Z u r l
Geburtsdatum:	27.12. 1948
Geburtsort:	München
Eltern:	Bartholomäus Zurl, Werkmeister
	Ludovika Zurl, geb. Mättig
Ehefrau:	Gitta Zurl, Sachbearbeiterin

Schulausbildung:	1955 - 1958	Volksschule München
	1958 - 1959	Volksschule Pfalzgrafenweiler
	1959 - 1960	Progymnasium Pfalzgrafenweiler
	1960 - 1963	Klenze-Oberrealschule, München
	1963 - 1970	Erasmus-Grasser-Gymnasium, München
	1970	Reifeprüfung
Studium:	1970 - 1971	Physik an der Technischen Hochschule, München
	1975	Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Universität München
	1976	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
	1977	Zahnärztliche Vorprüfung
	1978	Beginn des Medizinstudiums
	1980	Zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen)